

# VESIHALLITUKSEN MONISTESARJA

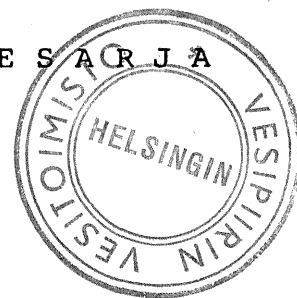
1983 : 157

KALANKASVATUKSEN VESISTÖVAIKUTUSTEN  
TARKKAILU PERIFYTONMENETELMÄLLÄ

Sakari Törmälä

Sirkka-Liisa Markkanen





1983 : 157

KALANKASVATUKSEN VESISTÖVAIKUTUSTEN  
TARKKAILU PERIFYTONMENETELMÄLLÄ

Sakari Törmälä

Sirkka-Liisa Markkanen

Kainuun vesipiirin vesitoimisto  
1982

PAINOPAIKKA: vesihallituksen monistamo

# SISÄLLYS

	sivu
1 JOHDANTO	5
2 TUTKIMUKSEN KOHTEET JA TUTKIMUSALUEET	5
2.1 Yrittäperän Lohi Oy	5
2.2 Hyrynsalmen Kala Oy	6
3 AINEISTO JA MENETELMÄT	7
4 TULOKSET	9
4.1 Yrittäperän Lohi Oy	9
4.11 Ravinteet	9
4.12 Perustuotanto	13
4.13 Perifyton	13
4.2 Hyrynsalmen Kala Oy	14
4.21 Ravinteet	14
4.22 Perustuotanto	14
4.23 Perifyton	14
5 TULOSTEN TARKASTELU JA JOHTOPÄÄTÖKSET	15
5.1 Kalalaitosten aiheuttama kuormitus	15
5.2 Jätevesikuormituksen vaikutukset kasvi- plankton- ja perifytontuotantoon	18
5.3 Kalalaitosten vaikutus purkuvesistön tilaan ja käyttökelpoisuuteen	19
5.4 Perifytonmenetelmän soveltuvuus kalalaitos- ten kuormitusten tarkkailuun	20
6 TIIVISTELMÄ	21
KIRJALLISUUS	22
LIITTEET	



## 1. JOHDANTO

Kalankasvatuslaitosten vesistövaikutuksia arvioidaan yleensä vesianalyysien ja perustuotantokykymittausten perusteella. Vesinäytteet otetaan laitokseen tulevasta ja sieltä lähtevästä vedestä sekä muutamalta asemalta alapuolisesta purkuvesistöstä. Tällainen tarkkailuohjelma ei kuitenkaan aina ole täysin riittävä varsinkaan laitosten rehevöittävän vaikutuksen kartoittamiseen. Näytteiden kuljetus laboratorioon kestää usein kauan ja määrittäminen tapahtuu vasta seuraavana päivänä. Erityisesti perustuotantoarvot, jotka ovat varsin keskeisiä kuormituksen kuvaajana, muuttuvat herkästi näytteiden kuljetuksen ja käsittelyn aikana. Lisäksi veden laatu vaihtelee luonnontilaisissa vesistöissä riippuen mm. sääolosuhteista. Näin ollen pelkkien vesianalyysien ja perustuotantoarvojen antama tieto ei aina riittävän selkeästi kuvaa purkuvesistön tilaa eikä jätevesien vaikutusalueen laajuutta.

Laajamittaisen kalankasvatuksen aiheuttama ongelma on purkuvesistön rehevöityminen. Rehevyystasoa kuvataan nykyisin yleensä vapaan veden planktonlevästön perustuotantokykyarvojen perusteella. Tämä on kuitenkin sikäli puutteellinen, että se ei anna kuvaa vedenalaisiin alustoihin kiinnittyneinä elävien levien, ns. perifytonlevien määrän runsaudesta. Perifytonlevät muodostavat kuitenkin useissa tapauksissa, erityisesti virtaavissa vesissä, pääosan veden perustuotantoyhteisöstä (Heinonen 1981).

Tässä tutkimuksessa käytetty perifytonlevästön mittaamismenetelmä on alkujaan kehitetty Jyväskylän yliopiston biologian laitoksella (Eloranta & Kunas 1976). Vesihallinnossa on Heinonen (1981) käyttänyt menetelmää varsinkin virtaavien vesistöjen rehevöitymisen arvioinnissa.

Tämän tutkimuksen tarkoitus on tarkastella kalankasvatuksen vesistövaikutuksia perifytonmenetelmän ja toisaalta vesianalyysien ja perustuotantokykymittausten antaman tiedon perusteella.

## 2. TUTKIMUKSEN KOHTEET JA TUTKIMUS- ALUEET

Tutkimuksen kohteina olivat Yrittäperän Lohi Oy:n Kiehtäjänkosken kalalaitos Puolangalla sekä Hyrynsalmen Kala Oy Hyrynsalmella.

### 2.1 YRITTÄPERÄN LOHI OY

Yrittäperän Lohi Oy:n Kiehtäjänkosken kalalaitos sijaitsee Näljänkäjoen varrella Kiehtäjänkosken kohdalla n. 7 km Suolijärven yläpuolella (karttaliite 1). Laitos aloitti toimintansa v. 1982 osin keskentekoisena. Laitoksen lupapäätöksen mukaiset toimintaehdot ovat seuraavat (PSVEO 18.9.1980):

- tuotannon enimmäismäärä 100 000 kg/a
- kuivarehun käytön " 165 000 "
- sallittu veden käyttö 1 m<sup>3</sup> /s (enintään kolmasosa kokonaisvirtaamasta)
- lietteenpoisto laskeutusaltaasta kerran kuussa ja kasvatusaltaasta vähintään kaksi kertaa kasvukaudessa

Täysimääräisen tuotannon vallitessa laitoksen jätevesikuormituksen on arvioitu vastaavan fosforin osalta 910 ja typen osalta 1 145 asukkaan käsittelemättömien jätevesien kuormitusta ympäri- vuotiseksi laskettuna.

V. 1982 laitoksen kokonaistuotanto oli n. 61 000 kg, josta 35 000 kg oli teuraskalaa ja loput 2- ja 1-vuotiaita poikasia. Ruokinnassa käytettiin yksinomaan kuivarehua, jota kului yhteensä 46 000 kg.

Näljänkäjoen hydrologiset ominaisuudet Kiehtäjänkosken kohdalla ovat seuraavat:

Valuma-alue	1173 km <sup>2</sup>
Järvisyys	4,5 %
HQ	197 m <sup>3</sup> /s
MHQ	130 "
MQ	15,8 "
MNQ	3,4 "
NQ	2,8 "

Näljänkäjoki laskee Suolijärveen, joka on Korpijoen vesistöalueen yläosan huomattavin järvi.

## 2.2 HYRYNSALMEN KALA OY

Hyrynsalmen Kala Oy:n kalalaitos sijaitsee Luvanjoen vesistöalueen alaosalla Nuottijoen varrella (karttaliite 2). Käyttövesi laitokseen johdetaan Nuottijärvestä 150 m:n mittaista kanavaa pitkin. Laitoksen toimintaedellytykset ovat seuraavat (PSVEO 21.10.1980):

- tuotannon enimmäismäärä 40 000 kg/a
- tuorerehun " 200 000 "
- mikäli käytetään kuivarehua, on käytön enimmäismäärä 72 000 kg/a
- sallittu vedenotto 0,6 m<sup>3</sup>/s
- lietteen poisto selkeytysaltaasta kerran kuussa ja kasvatusaltaasta vähintään kaksi kertaa vuodessa

Laitoksen kuormituksen on arvioitu vastaavan sallitulla tuotannolla fosforin osalta 450 ja typen osalta 550 asukkaan käsittelemättömiä jätevesiä.

V. 1982 laitoksen kokonaistuotanto oli n. 33 tonnia, josta 27 t 3- kesäistä teuraskalaa, 4 t 2- kesäisiä ja 2 t 1- kesäisiä poikasia. Rehusilakkaa käytettiin n. 58 000 kg ja kuivarehua n. 20 000 kg.



Nuottijoen hydrologiset ominaisuudet kalalaitoksen kohdalla ovat seuraavat:

Valuma-alue	865 km <sup>2</sup>
HQ	97 m <sup>3</sup> /s
MQ	10,0 "
MNQ	2,0 "
NQ	1,3 "

Nuottijoki laskee Salmijärveen n. 3,5 km kalalaitoksen alapuolella.

### 3. A I N E I S T O J A M E N E T E L M Ä T

Perifytonin viljelyalustoina käytettiin polyakryylimuovilevyjä, joiden koko oli 10 x 15 cm ja yhteispinta-ala siten 300 cm<sup>2</sup>. Levyt kiinnitettiin telineisiin, joita oli käytössä kaksi mallia (kuva 1). Ponttoonimallisia telineitä käytettiin Salmijärven sekä Näljänkäjoen ja säteittäistelinettä Suolijärven, Nuottijärven ja Nuottijoen havaintoasemilla. Ponttoonitelineissä levyt asettuivat n. 30 cm:n ja säteittäistelineissä n. 50 cm:n syvyydelle.

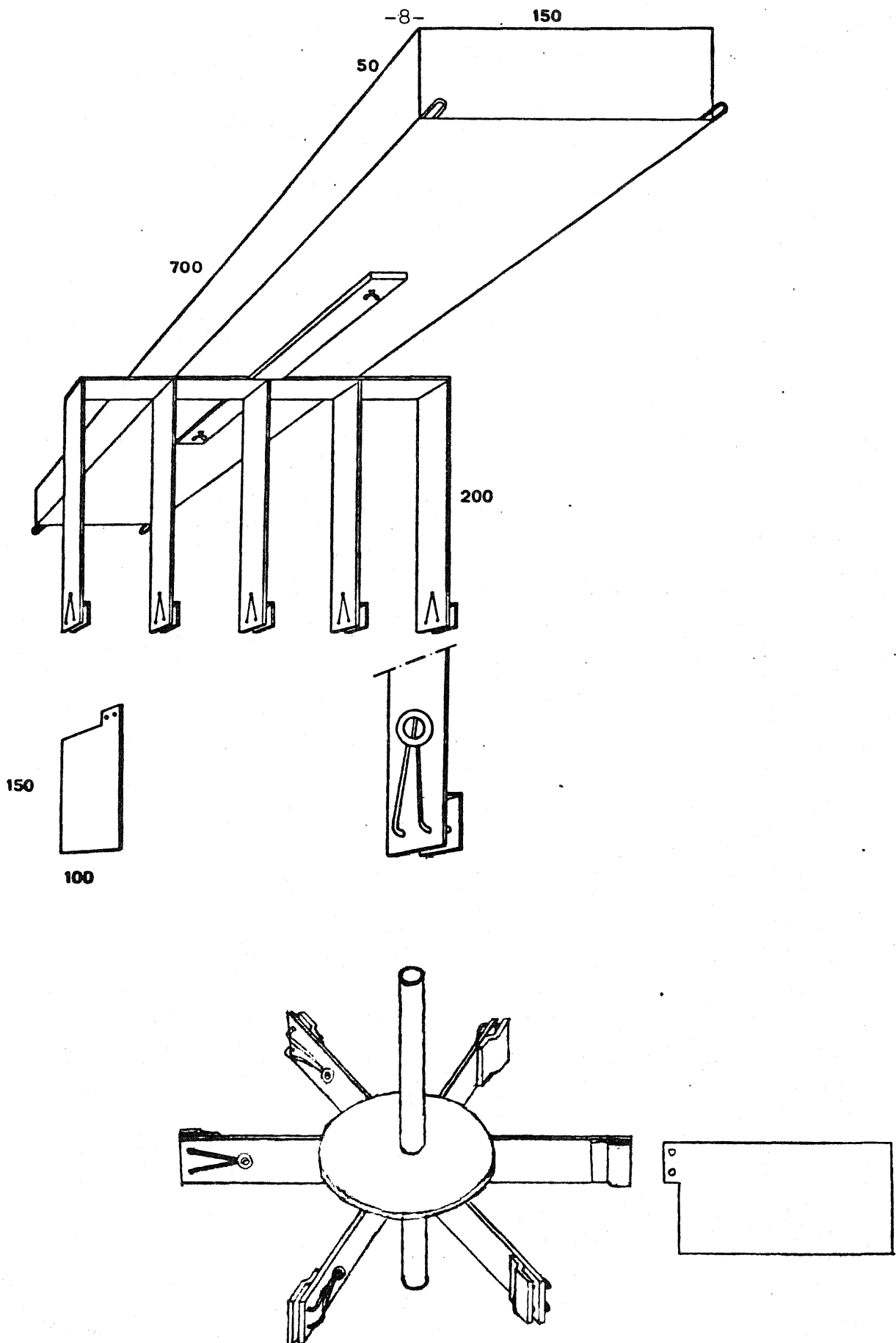
Tutkimuksen tarkkailuasemat on esitetty karttaliitteissä 1 - 3. Veden keskimääräiset syvyydet asemilla olivat seuraavat:

H 1 (Nuottijärvi)	2,0 m
H 2 (Nuottijoki)	2,0 "
H 3 ( " )	2,0 "
H 4 (Salmijärvi)	3,5 "
Y 1 (Näljänkäjoki)	2,0 "
Y 2 ( " )	2,0 "
Y 3 (Suolijärvi)	2,2 "
Y 4 ( " )	2,6 "

Jokiosuuksien tutkimusasemat sijoitettiin mahdollisimman hidasvirtauksisiin paikkoihin, jotta ne olisivat paremmin verrattavissa järvipisteisiin. Nuottijoen virtaus kalalaitoksen alapuolella on Tuomaskoskea lukuunottamatta erittäin hidas. Näljänkäjoessa kalalaitoksen yläpuolisella asemalla virtaus oli selvästi havaittavissa ja hieman nopeampi kuin laitoksen alapuolisella asemalla.

Perifytonin viljelyaika oli tavallisesti kolme viikkoa. Viljely aloitettiin 28. - 29.6.1982 ja lopetettiin Hyrynsalmella 20.9. ja Puolangalla 13.10. Ensimmäisen inkubaatiojakson aikana Suolijärven ja Salmijärven telineet katosivat ilmeisesti ankkurinarujen liian heikon kiinnityksen vuoksi. Suolijärveen vietiin uudet telineet vasta viikon kuluttua ja samalla myös Näljänkäjoen telineisiin vaihdettiin uudet levyt. Täten Yrittäperän Lohen toinen tarkkailujakso käsitti vain kaksi viikkoa.

Viljelyjaksojen päätyttyä levyt, joita oli 5 - 8 kpl telinettä kohden, irroitettiin ja pakattiin minigrip-pusseihin, joihin kuivumisen estämiseksi oli pantu 10 - 20 ml vettä. Saman päivän aikana perifyton raaputettiin levyjen molemmilta puolilta tislattulla vedellä samalla huuhtoen ja irronnut massa kaadettiin



Kuva 1. Perifytonin viljelytelineet; ylhäällä ponttoonijä alhaalla säteittäisteline.

mustalla muovilla verhoiltuun pulloon, joka täytettiin 500 ml:n tilavuuteen. Kultakin havaintoasemalta tehtiin rinnakkaisnäytteet 3 - 4 levystä. Levyjä käytettiin viljelyyn vain kerran. Näytteistä määritettiin kiintoaine, haihdutusjäännös, hehkutusjäännös ja klorofylli a. Ennen määrittystä pullojen sisältö sekoitettiin huolellisesti. Tuloksissa ainemäärät on ilmoitettu pinta-alayksikköä kohti ( $\text{mg}/\text{m}^2$ ).

Tutkimuksen alussa ja tämän jälkeen kolmen viikon välein tarkkailuasemilta otettiin vesinäytteet yhden metrin syvyydeltä. Näytteistä määritettiin lämpötila, happi, alkaliniteetti, pH, ja ravinteet. Perustuotantomittausta varten otettiin kokoomanäyte 0 - 2 metrin syvyydeltä. Joillakin tutkimuskerroilla otettiin näyte myös kalalaitoksilta lähtevästä jätevedestä.

#### 4. T U L O K S E T

Vesianalyysien, perustuotantomittausten ja perifyton tutkimusten tulokset on esitetty liitteissä 3 - 6.

##### 4.1 YRITTÄPERÄN LOHI OY

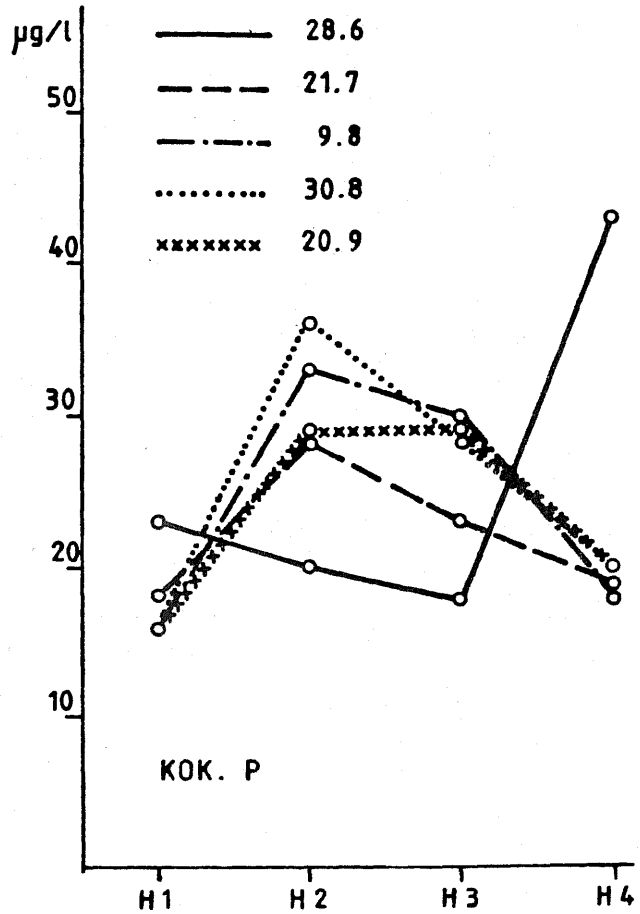
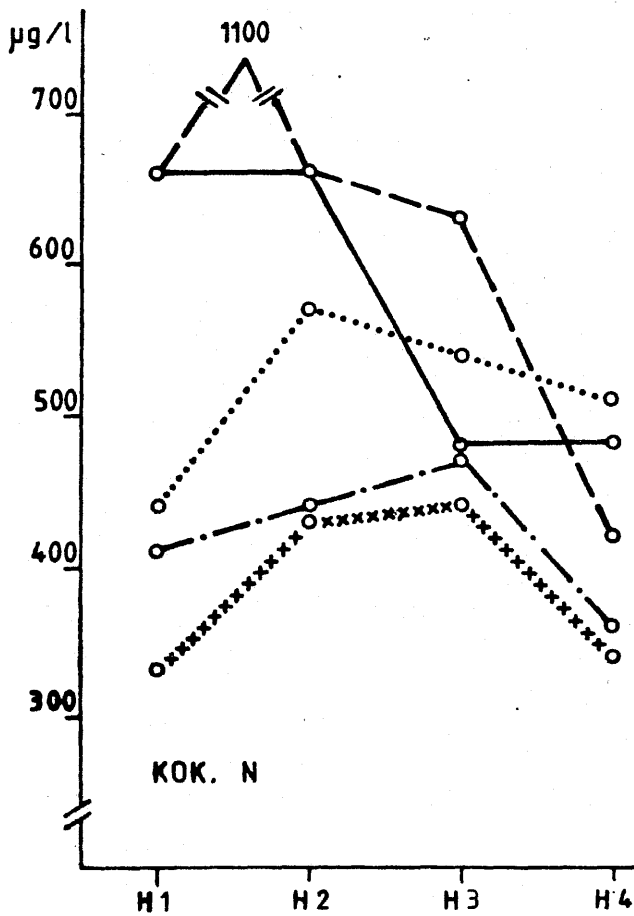
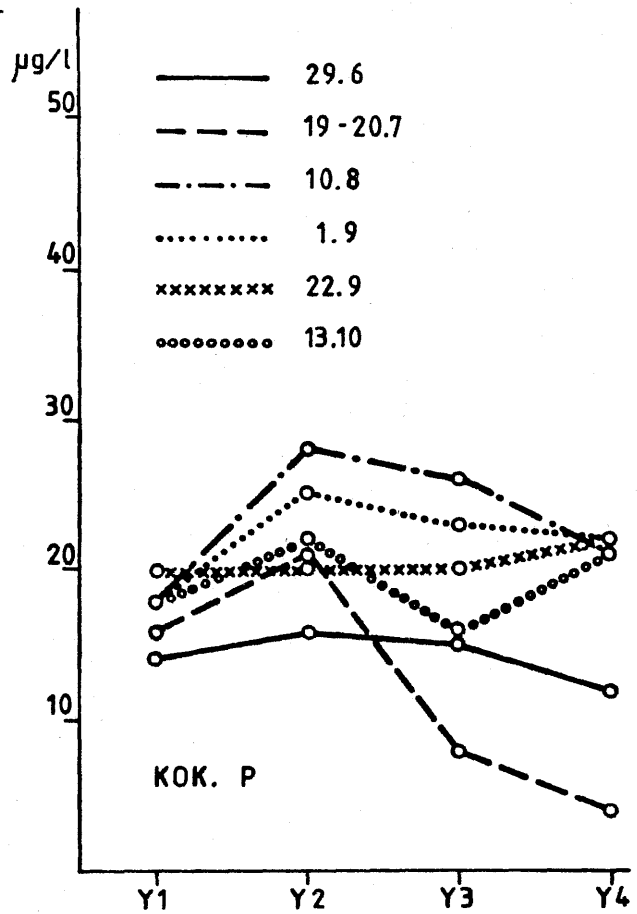
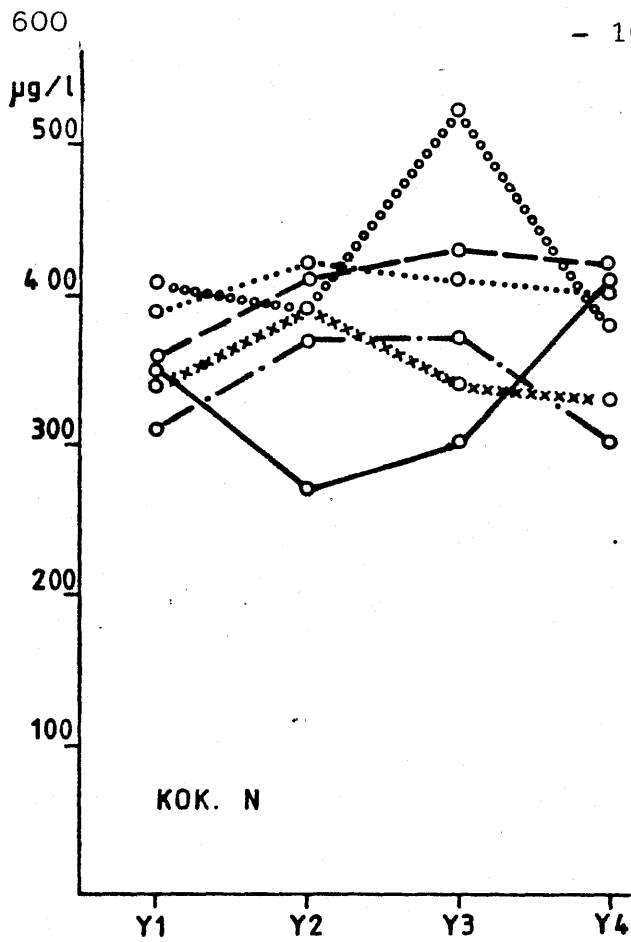
##### 4.11 R a v i n t e e t

Näljänkäjoen vesi on kalalaitoksen yläpuolella varsin vähäravinteista. Tutkimusjakson aikana typpipitoisuus vaihteli välillä 310 - 410  $\mu\text{g}/\text{l}$  ja fosforipitoisuus välillä 14 - 20  $\mu\text{g}/\text{l}$ .

Kalalaitoksen alapuolella pisteessä Y2 fosforipitoisuudet kohosivat huomattavasti lähes kaikilla tutkimuskerroilla. Suurin lisäys oli elokuussa, jolloin pitoisuus (28  $\mu\text{g}/\text{l}$ ) oli 55 % suurempi kuin laitoksen yläpuolella. Lokakuussa fosforilisäys oli n. 40 %, muulloin 15 - 30 %. Syyskuun lopussa pitoisuudet olivat lähes samat kaikissa tutkimuspisteissä (kuva 2).

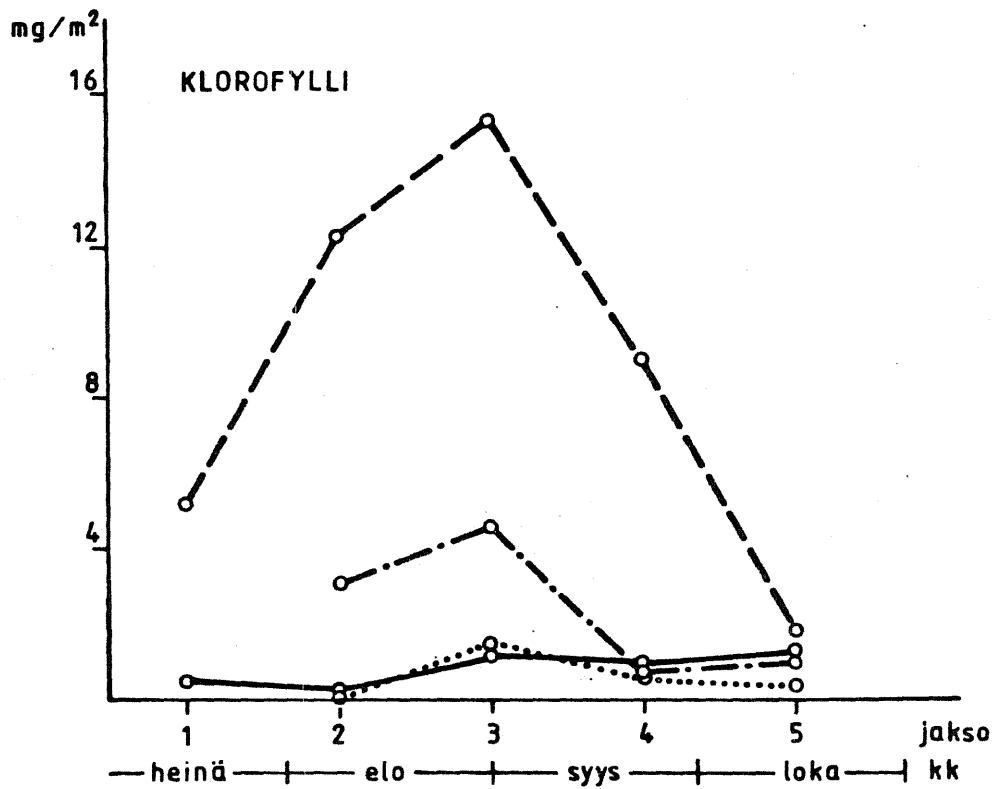
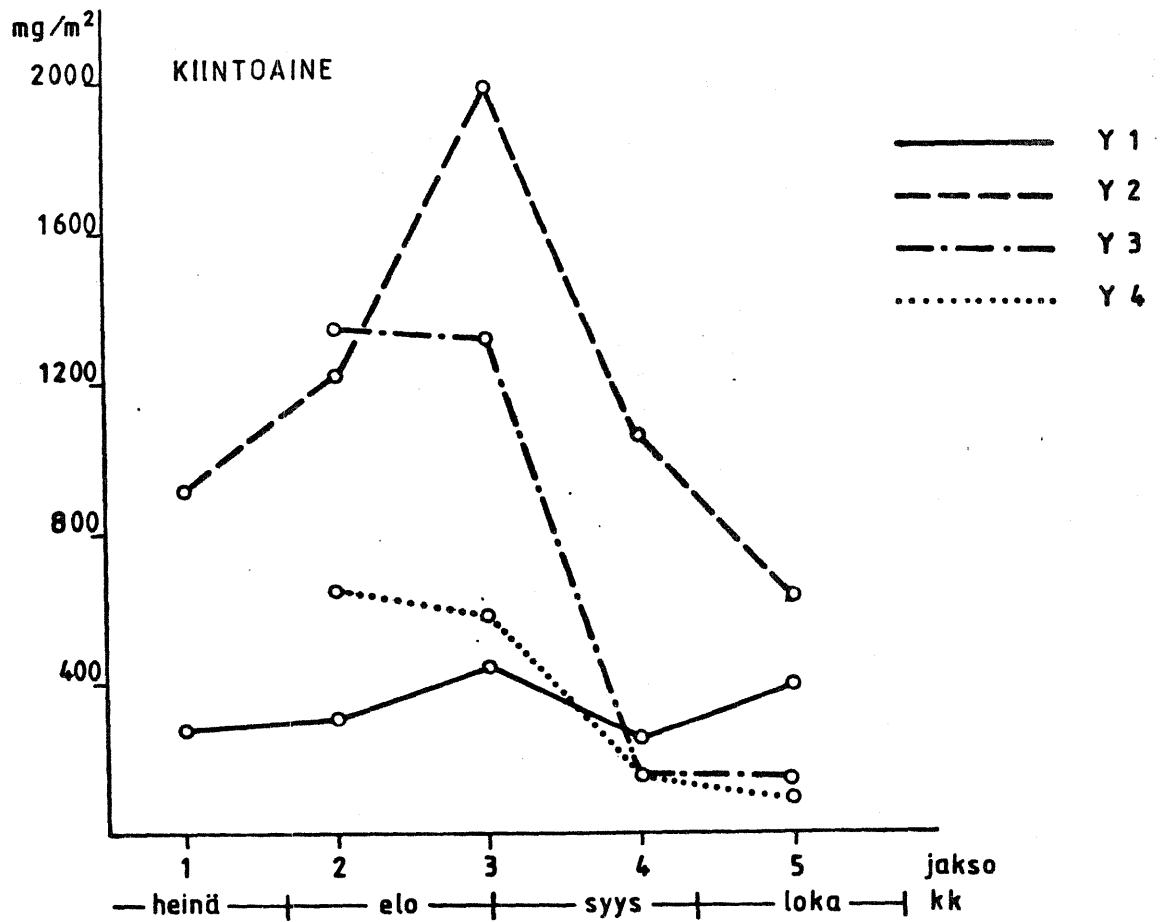
Suolijärven fosforitaso oli kesäkuun lopussa 12 - 15  $\mu\text{g}/\text{l}$  eli samaa tasoa kuormittamattoman Näljänkäjoen kanssa. Heinäkuussa pitoisuudet alenivat voimakkaasti (4 - 8  $\mu\text{g}/\text{l}$ ), mutta kohosivat jälleen elo - syyskuussa heinäkuuhun nähden jopa 2 - 4 kertaisiksi.

Myös typpipitoisuudet olivat yleensä korkeammat kalalaitoksen alapuolella (kuva 2). Suurimmillaan (elokuussa) lisäys oli 20 %. Korkein typpipitoisuus, 520  $\mu\text{g}/\text{l}$ , todettiin lokakuussa Suolijärven tutkimusasemalla Y 3. Typpikuormituksen kannalta merkittävää on kuitenkin pääosin kalojen ulosteista ja rehun käytöstä peräisin olevan ammoniumtypen voimakas lisääntyminen kalalaitoksen alapuolella. Elokuussa, parhaan kasvukauden aikana lisäys oli jopa yli 10- kertainen.



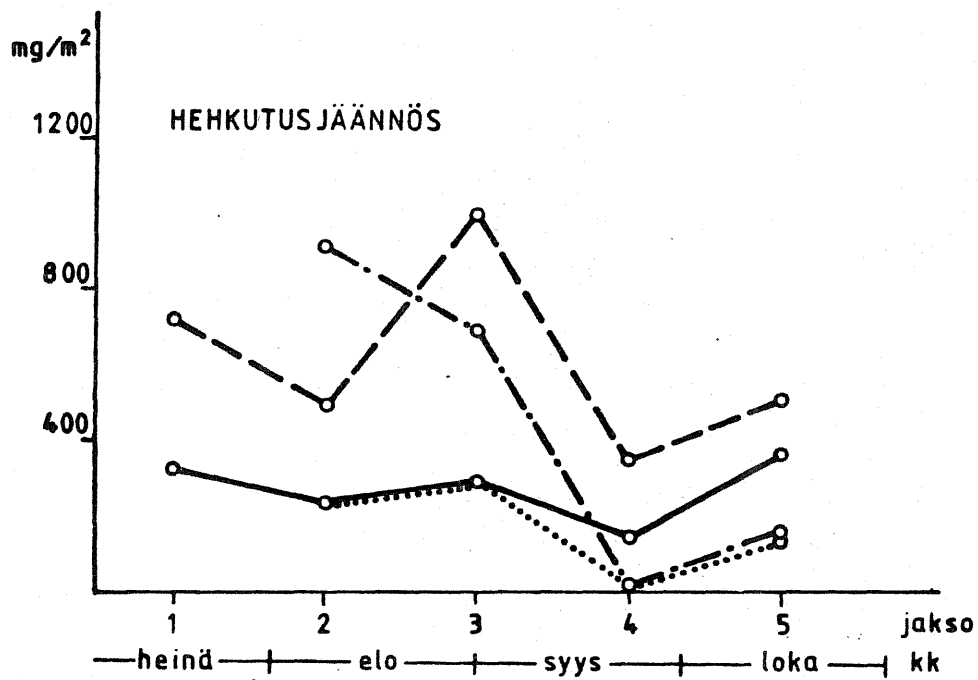
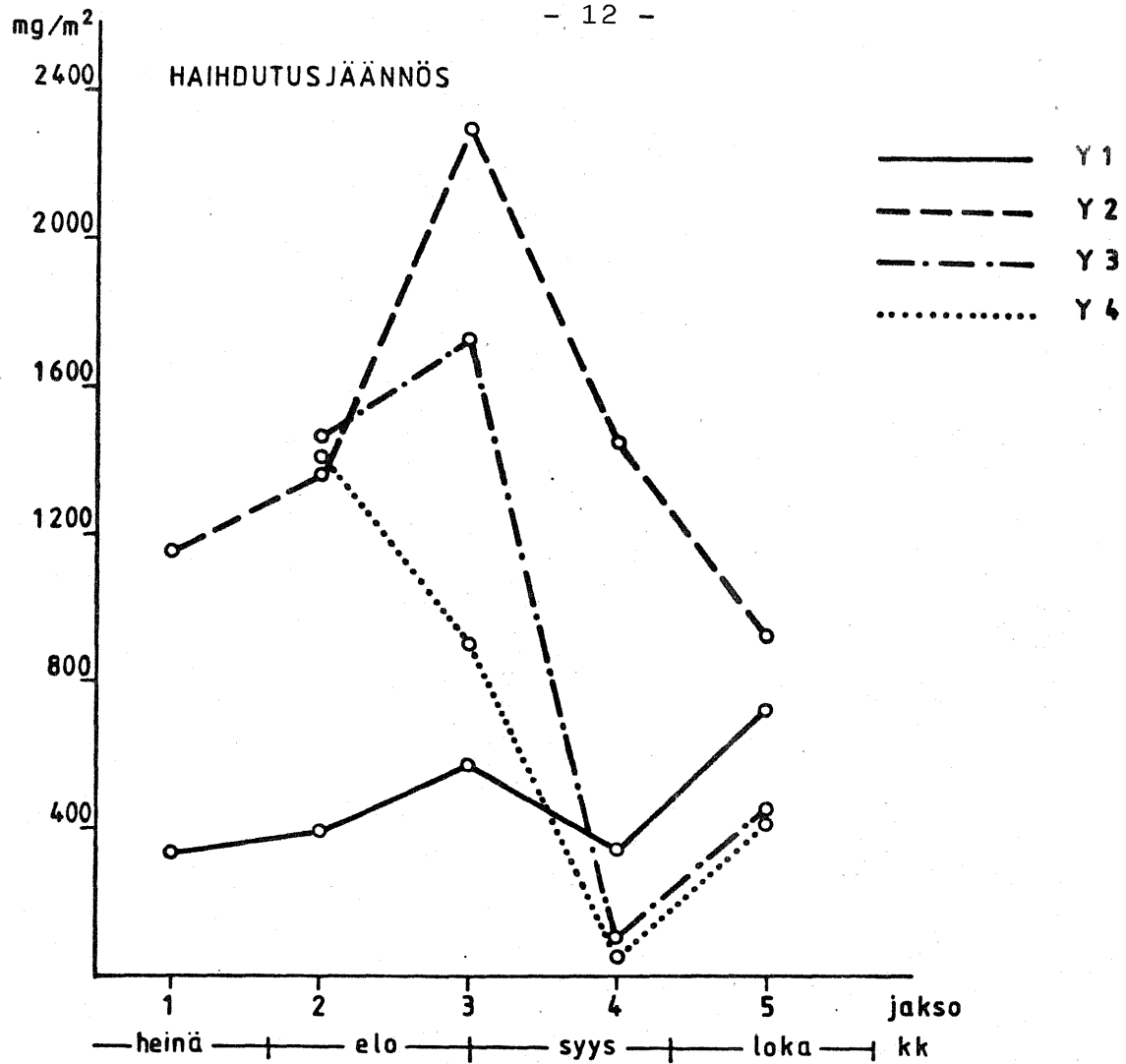
Kuva 2.

Kokonaistyyppi- ja kokonaisfosforipitoisuudet Yrittäperän Lohi Oy:n ja Hyrynsalmen Kala Oy:n tarkkailuasemilla. kesä - lokakuussa 1982



Kuva 3.

Perifytonlevyjen kiintoaine- ja klorofyllimäärät  
Yrittäperän Lohi Oy:n tarkkailuasemilla heinä -  
lokakuussa 1982



Kuva 4.

Perifytonlevyjen haihdutus- ja hehkutusjäännösten  
määrät Yrittäperän Lohi Oy:n tarkkailuasemilla  
heinä - lokakuussa 1982

#### 4.12 P e r u s t u o t a n t o

Kuormittamattoman Näljänkäjoen (Y 1) perustuotantoarvot olivat lievästi rehevälle vesistölle ominaisia. Suurin arvo, 170 mgC/m<sup>3</sup>. d, mitattiin heinäkuussa ja pienin, 51 mgC/m<sup>3</sup>. d, lokakuussa.

Kalalaitoksen alapuolella perustuotanto kohosi voimakkaasti elokuussa. Tällöin esim. Näljänkäjoen asemalla Y 2 mitattiin arvo 240 mgC/m<sup>3</sup>. d, mikä oli yli kaksinkertainen yläpuoliseen asemaan verrattuna ja osoittaa varsin korkeaa rehevyystasoa.

Suolijärven perustuotantoarvot osoittivat vielä kesä - heinäkuussa karuhkoa trofiatasoa, mutta kohosivat elokuussa ja syyskuun alussa lähes kaksinkertaisiksi (130 - 160 mgC/m<sup>3</sup>. d) eli melko rehevälle tasolle. Klorofyllin määrät olivat Suolijärvenssä suurimmat heinäkuun loppupuolella, mutta nitraattitypen ja fosfaattifosforin puuttuessa täysin jäivät perustuotantoarvot selvästi alhaisemmiksi kuin Näljänkäjoessa.

#### 4.13 P e r i f y t o n

Perifytonlevästön runsautta kuvaa parhaiten klorofylli a:n määrä. Kuormittamattomassa Näljänkäjoessa klorofylli a:ta kertyi levyille 0,3 - 1,2 mg/m<sup>2</sup>. Suurin arvo mitattiin lokakuussa ja pienimmät heinä - elokuussa, jolloin puolestaan vapaan veden klorofyllimäärä oli suurimmillaan. Kalalaitoksen alapuolella perifytonin määrä lisääntyi kasvatuskauden aikana erittäin voimakkaasti (kuvat 3 ja 6). Maksimi-arvot 12,3 - 15,4 mg/m<sup>2</sup>, esiintyvät elokuussa. Suurimmillaan ero kalalaitoksen yläpuoliseen pisteeseen nähden on yli 40-kertainen. Vielä Suolijärvessä Näljänkäjokisuun edustan asemalla Y 3 todetaan elokuussa selvästi kohonneita klorofyllimääriä. Luusuan läheisellä asemalla Y 4 perifytonperäisen klorofyllin määrät ovat yleensä hyvin pienet (0,1 - 1,5 mg/m<sup>2</sup>).

Kiintoaineen esiintyminen perifytonlevyillä noudattaa suurin piirtein samaa linjaa kuin klorofyllin ts. määrä kohoaa voimakkaasti kalalaitoksen alapuolella ja vähenee tämän jälkeen asteittain (kuva 3). Samoin käyttäytyvät haihdutus- ja hehkutusjäännös. Huiput ajoittuvat yleensä elokuun loppuun (kuva 4). Kasvatuskauden aikana kiintoaineen sekä haihdutusjäännöksen määrät olivat molemmissa Suolijärven tutkimuspisteissä selvästi korkeammat kuin Näljänkäjoessa kalalaitoksen yläpuolella. Hehkutusjäännös sen sijaan oli luusuan läheisessä pisteessä samaa tasoa tai alempi kuin kalalaitoksen yläpuolella.

## 4.2 HYRYNSALMEN Kala Oy

### 4.21 R a v i n t e e t

Nuottijärven ravinnepitoisuudet asemalla H 1 olivat suhteellisen korkeat. Typpipitoisuus oli kesä - heinäkuussa 660  $\mu\text{g/l}$ , mutta aleni elo - syyskuussa tasolle 330 - 340  $\mu\text{g/l}$ . Vastaavasti fosforipitoisuus aleni tasolta 23  $\mu\text{g/l}$  tasolle 16  $\mu\text{g/l}$ .

Kalalaitokselta lähtevä jätevesi sisälsi runsaasti ravinteita. Jo kesäkuun lopussa jäteveden fosforipitoisuus oli 104  $\mu\text{g/l}$ , josta puolet oli fosfaattimuodossa. Tyyppistä (830  $\mu\text{g/l}$ ) n. kolmasosa oli ammoniumtyyppiä.

Kalalaitoksen alapuolella fosforipitoisuudet kohosivat kesäkuun havaintokertaa lukuunottamatta. Suurimmat arvot mitattiin elo - syyskuussa ja ne olivat tällöin n. kaksinkertaisia Nuottijärveen verrattuna. Suurin fosforipitoisuus (43  $\mu\text{g/l}$ ) todettiin kuitenkin Salmijärvestä kesäkuun lopussa. Yleensä Salmijärven fosforipitoisuus oli samaa tasoa tai hieman korkeampi kuin Nuottijärven (kuva 2).

Typpipitoisuus samoin yleensä lisääntyi kalalaitoksen alapuolella ja suurin arvo, 1100  $\mu\text{g/l}$ , mitattiin Nuottijoen asemalla H 2 heinäkuussa. Yleensä Nuottijoen typpipitoisuudet olivat 10 - 30 % korkeampia kuin Nuottijärven. Salmijärven typpitaso (340 - 480  $\mu\text{g/l}$ ) sitä vastoin oli yleensä alhaisempi kuin Nuottijärven (kuva 2).

### 4.22 P e r u s t u o t a n t o

Nuottijärven perustuotantoarvot olivat heinä - elokuussa varsin korkeat, 190 - 260  $\text{mgC/m}^3 \cdot \text{d}$ . Vielä syyskuussa mitattiin arvo 120  $\text{mgC/m}^3 \cdot \text{d}$ .

Nuottijoen perustuotantoarvot vaihtelivat rajoissa 180 - 350  $\text{mgC/m}^3 \cdot \text{d}$  eli olivat yleensä korkeammat kuin Nuottijärven. Maksimi esiintyi asemalla H 3 elokuun alkupuolella. Nuottijoen perustuotantoarvot olivat erittäin korkeita Kainuun vesistöjen yleiseen tasoon nähden.

Salmijärven perustuotantoarvot vaihtelivat välillä 130 - 240  $\text{mgC/m}^3 \cdot \text{d}$  ollen keskimäärin samaa tasoa kuin Nuottijärven.

### 4.23 P e r i f y t o n

Perifytonklorofyllin määrä vaihteli Nuottijärven havaintoasemalla välillä 0,4 - 3,5  $\text{mg/m}^2$ . Maksimi mitattiin syyskuussa (kuva 5).



Kalalaitoksen alapuolella klorofyllimäärät kohosivat erittäin jyrkästi (kuvat 5 ja 6). Maksimi esiintyi elokuun lopussa, jolloin mitattiin arvo  $47,9 \text{ mg/m}^2$ . Pienimmillään ero Nuottijärveen verrattuna oli 4-kertainen ja suurimmillaan lähes 80-kertainen. Klorofylliarvot alenivat kuitenkin jyrkästi Nuottijoen alemmassa pisteessä ollen tosin täälläkin selvästi suuremmat kuin Nuottijärvessä. Kohonneita klorofylliarvoja ( $2,6\text{--}10,1 \text{ mg/m}^2$ ) todetaan vielä Salmijärvessä ja suurimmillaan ero Nuottijärveen verrattuna oli 5 - 10-kertainen.

Kiintoainetta kertyi Nuottijärven perifytonlevyille  $425 - 797 \text{ mg/m}^2$ . Kalalaitoksen alapuolella kiintoainemäärät kohosivat 3 - 9-kertaisiksi maksimin ollessa lähes  $3700 \text{ mg/m}^2$  elokuun alussa (kuva 5). Klorofyllin tavoin myös kiintoaine väheni Nuottijoen alemmassa sekä Salmijärven havaintopisteessä, mutta arvot ovat kuitenkin yleensä korkeammat kuin Nuottijärvessä. Vastaavasti käyttäytyivät myös haihdutus- ja hehkutusjäännös, tosin sillä erolla, että hehkutusjäännöksen arvot olivat syyskuun lopussa asemilla H 3 ja H 4 alhaisemmat kuin Nuottijärvessä (kuva 5).

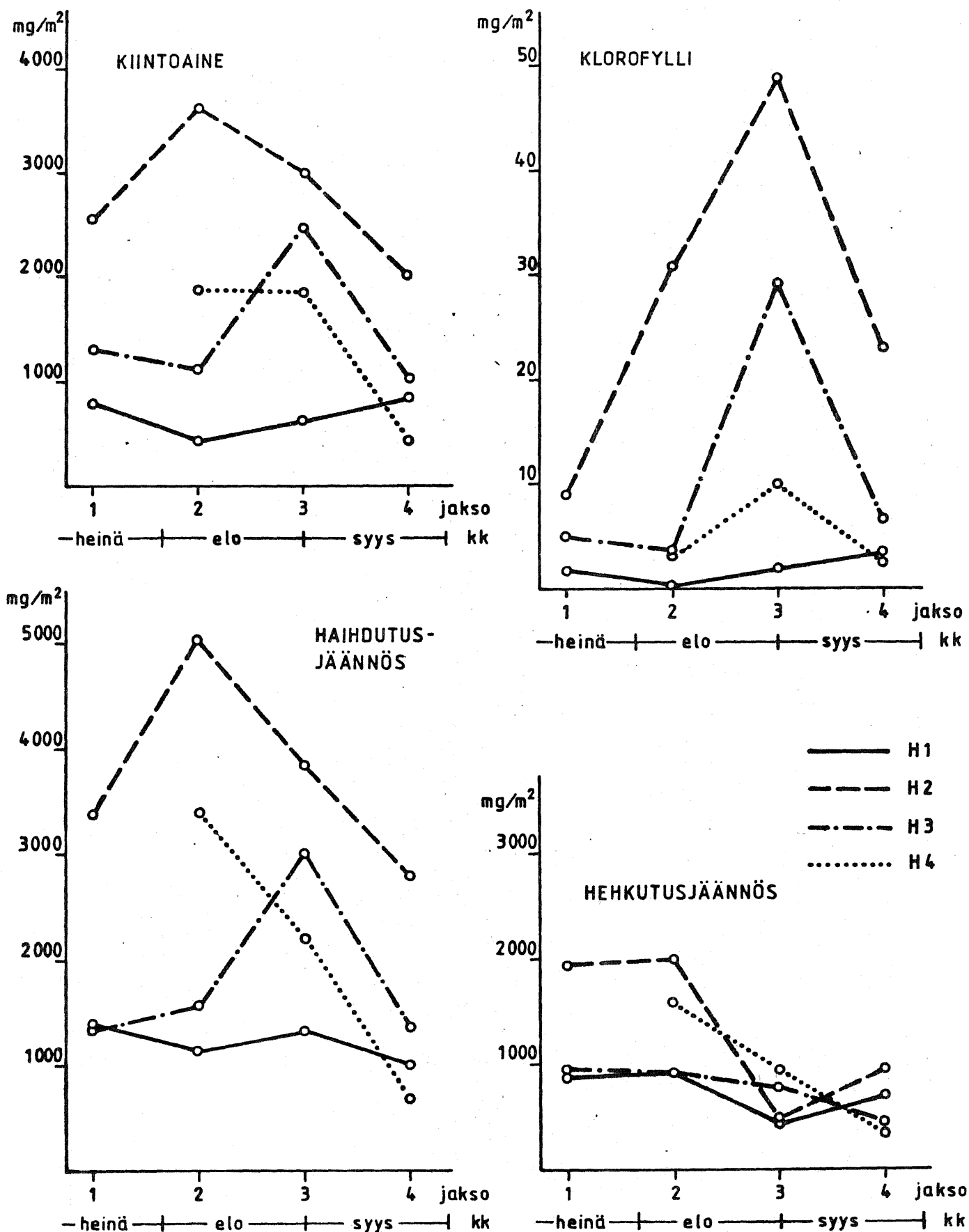
## 5. T U L O S T E N T A R K A S T E L U J A J O H T O - P Ä Ä T Ö K S E T

### 5.1 KALALAITOSTEN AIHEUTTAMA KUORMITUS

Yrittäperän Lohi Oy:n Kiehtäjänkosken kalalaitoksen lupaehtojen mukaiset tuotanto- ja rehunkäyttömäärät ovat Kuhmon Villilohi Oy:n ohella suurimmat Kainuussa. V. 1982 laitoksen tuotanto oli kuitenkin vain runsas puolet ja rehunkäyttö neljännes täydestä määrästä, joten laitoksen kuormitus oli huomattavasti johdannossa esitettyjä laskelmia pienempi.

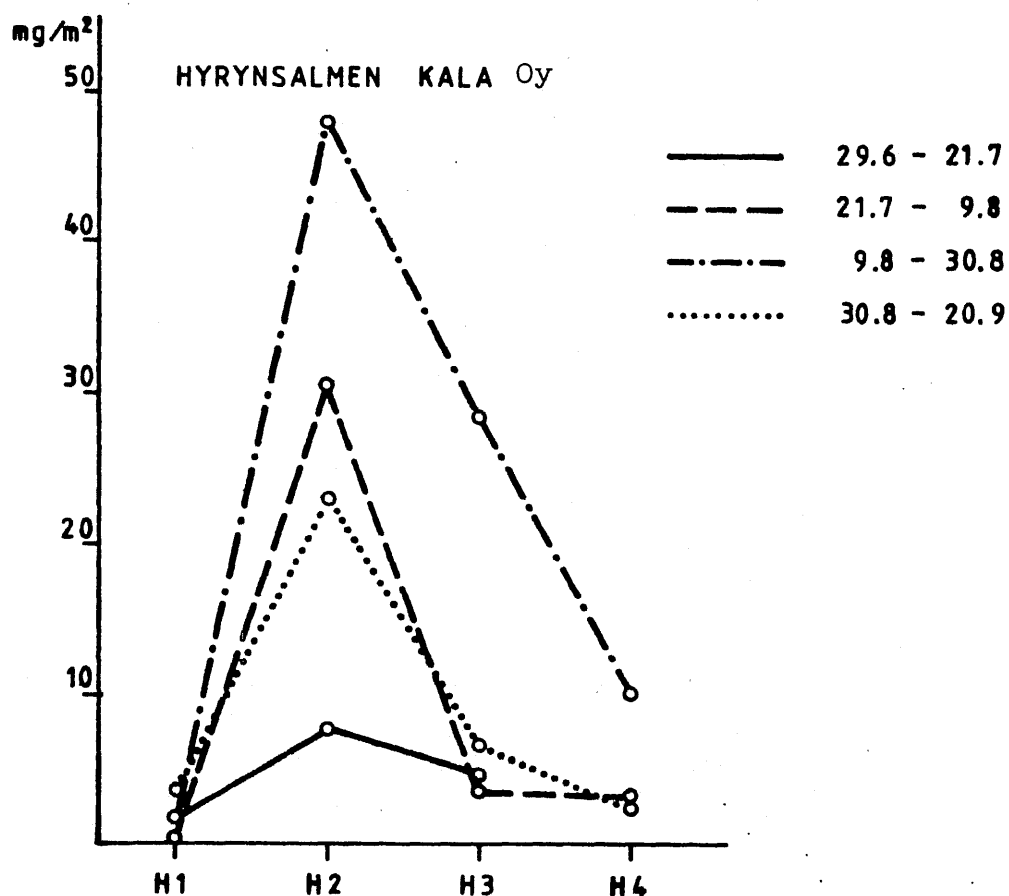
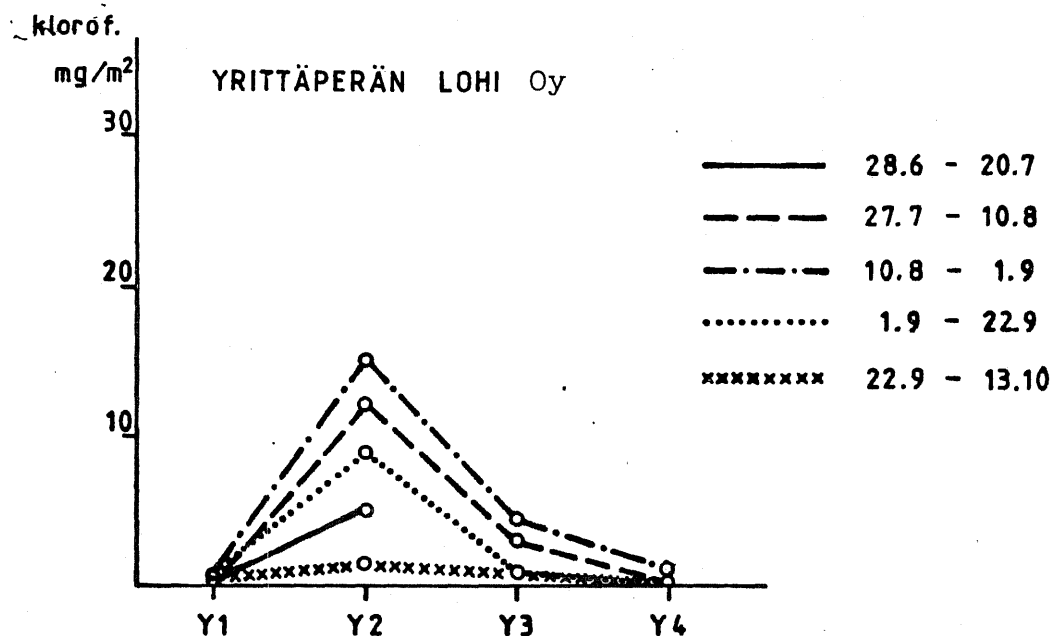
Hyrnsalmen Kala Oy:n tuotanto oli v. 1982 n. 80 % ja rehunkäyttö n. puolet täydestä kapasiteetista. Senkin kuormitus oli siten laskettua pienempi. Tuorerehua käytetään laitoksella  $2 \text{ kg}$  ja kuivarehua  $0,5 \text{ kg}$  tuotettua kalakiloa kohti. Laitoksen kuormitus lienee vaikiintunut suurin piirtein nykyiselle tasolle.

Kalalaitoksen ravinnekuormitus oli selvästi havaittavissa purkupaikkojen alapuolisissa pisteissä. Voimakkaimmin kohosivat fosforipitoisuudet. Myös typpipitoisuuden nousu oli selvästi havaittavissa. Suurimmat ravinnelisyäkset ajoittuivat elokuuhun, jolloin kalojen ruokinta on invensiivisintä. Syksyllä teurastuskauden jälkeen kuormitus väheni, mutta tällöinkin ravinteita mobilisoituu varsin runsaasti altaiden pohjalle saostuneesta lietteestä.



Kuva 5.

Perifytonlevyjen kiintoaine- ja klorofyllimäärät sekä haihdutus- ja hehkutusjäännösten määrät Hyrynsalmen Kala Oy:n tarkkailuasemilla heinä - syyskuussa 1982



Kuva 6. Perifytonklorofyllin määrät Yrittäperän Lohi Oy:n ja Hyrynsalmen Kala Oy:n tarkkailuasemilla vesistöjen virtaussuunnan mukaisesti esitettynä. Laitokset asemien 1 ja 2 välillä.

Kalalaitoksen jätevedet sisältävät runsaasti ammonium- ja nitraattityyppiä sekä fosfaattifosforia. Kasvit ottavat ravinteet pääosin juuri näissä muodoissa, joten pienetkin pitoisuuksien lisäykset heijastuvat heti fotosyntetoiiviin eliöyhteisöihin. Fosfori on yleensä vesistöissä rehevyytensä säätelevä minimitekijä, mutta mikäli sitä on runsaasti, voi typenkin määrä olla ratkaiseva.

Luonnonvesissä typen ja fosforin suhde on yleensä 7 - 20 (Myllymaa 1981). Molempien kalalaitosten osalta on todettavissa N/P-suhteen alentuminen purkupaikan alapuolella, mutta epätavallisen alhaisia arvoja ei esiinny.

Sekä Näljänkäjoessa että Nuottijoessa ravinnepitoisuuksien kohoaminen oli selvästi osoitettavissa verrattaessa purkupaikan alapuolisen tutkimusaseman arvoja yläpuolisiin. Suolijärven ja Salmijärven typpi- ja fosforipitoisuuksia ei kuitenkaan voi yksiselitteisesti verrata kuormittamattomien havaintopaikkojen arvoihin, koska nämä edustavat eri vesistöjä. Sen sijaan voidaan tarkastella ravinnetilannetta ennen kalankasvatuksen alkua.

Suolijärven päällysveden typpipitoisuus on vuosina 1971 - 81 (6 kesäaikaista havaintokertaa) vaihdellut välillä 170 - 1130 µg/l ja fosforipitoisuus välillä 10 - 23 µg/l. Havainnot ovat eri asemilta. Kesän 1982 aikana erityisesti fosforipitoisuudet olivat keskimäärin aikaisempaa tasoa korkeammat ja lisäys lienee pääosin lähtöisin kalankasvatuksesta. Itse tutkimusjakson aikana kesällä 1982 fosforipitoisuudet kohosivat tuntuvasti.

Salmijärvestä oli käytettävissä vain yhden havaintokerran vesianalyysitulokset kalankasvatusta edeltäneeltä ajalta. Kesäkuussa 1976 oli typpipitoisuus 500 ja fosforipitoisuus 17 µg/l. Vastaavana ajankohtana v. 1982 olivat pitoisuudet 480 ja 43 µg/l. Kalankasvatus lienee kohottanut fosforitasoa.

Kalankasvatuksen jätevesien mukana vesistöihin kulkeutuu runsaasti myös kiintoainetta. Kiintoaineesta osa on orgaanista ja osa epäorgaanista. Myös kiintoaine hajotessaan tuottaa veteen ravinteita edistäen näin rehevöitymistä.

## 5.2 JÄTEVESIKUORMITUKSEN VAIKUTUS KASVIPLANKTON- JA PERIFYTON-TUOTANTOON

Vapaan veden planktonin samoin kuin perifytonlevästön runsaus on riippuvainen ravinteiden määrästä ja ennen kaikkea siitä kuinka suuri osa ravinteista on käyttökelpoisessa muodossa (ammonium- ja nitraattityppi sekä fosfaattifosfori). Fosfori on yleensä sisävesissä kasvua säätelevä minimitekijä. Virtaavassa vedessä jätevesien vaikutus riippuu laimentumissuhteesta. Myllymaan (1981) mukaan perustuotanto alkaa voimakkaasti kohota jäteveden muodostaessa 10 - 20 % kokonaisvirtaamasta. Kriittinen fosforipitoisuus on 20 µg/l.

Perustuotantoarvot kohosivat lähes poikkeuksetta huomattavasti kalalaitosten purkupaikkojen läheisyydessä ja rehevyystason nousu oli yleensä havaittavissa myös alapuolisissa järvissä. Rehevyystason kohoaminen ilmeni kuitenkin vielä selvemmin perifytoneliöstön runsaudessa. Lähinnä purkupaikkaa olevilla asemilla perifytonin määrä lisääntyi erittäin jyrkästi, mutta aleni tämän jälkeen. Purkupaikan yläpuolisen ja alimman järvipisteen perifytonmäärissä ei useimmiten enää ollut suurta eroa.

Verrattaessa perustuotantoarvoja ja perifytonmääriä näyttää ilmeiseltä että kalalaitosten jätevesien tuoma ravinnelisäys koituu erityisesti perifytonlevästä eduksi. Perifytonin maksimi esiintyi elokuussa, jolloin myös ravinnelisäys oli suurin. Esimerkiksi Hyrynsalmen Kala Oy:n purkupaikan ala- ja yläpuolen perustuotantoarvoissa ei tällöin ollut juuri eroa, vaikka ero perifytonarvoissa oli 40 - 80-kertainen.

Perifytonlevästä muodostanee purkupaikkojen läheisyydessä pääosan yhteyttävästä eliöstöstä. Heinosen (1981) mukaan virtaavassa vedessä perifytoneliöstö saa virtauksen mukana jatkuvasti runsaasti ravinteita ja eliöstön runsaus korreloi enemmänkin ravinnevirtauksien kuin ravinnepitoisuuksien kanssa. Fosfaattifosforin pitoisuudet olivat yleensä hyvin pienet kaikilla tutkimusasemilla, joten vesieliöstön ravinteiden käyttö oli lähes maksimaalista. Perustuotantoarvojen suhteellisen vähäinen nousu Hyrynsalmen Kalan purkupaikan alapuolella verrattuna suureen fosforilisäykseen saattaisi aiheutua siitä, että erittäin runsas perifytonlevästä kuluttaa suurimman osan vapaista ravinteista.

Suolijärven ja Salmijärven rehevyystaso kohosi huomattavasti fosforipitoisuuksien ylittäessä  $20 \mu\text{g/l}$ , joten Myllymaan (1981) esittämä em. kriittinen arvo näyttää sopivan hyvin myös näihin järviin. Tietoja rehevyystasoista ennen kalankasvatuksen alkua on niukasti. Suolijärven perustuotantoarvoiksi mitattiin 20.7.1981  $200 - 260 \text{ mg C/m}^3 \cdot \text{d}$  eli rehevyystaso oli korkea. Runsaista sateista johtuen hajakuormituksen tuoma ravinnelisäys lienee tuolloin ollut tavallista suurempi. Heinä - elokuun vaihteessa v. 1976 oli perustuotantoarvo Suolijärven syvänteessä ainoastaan  $17 \text{ mg C/m}^3 \cdot \text{d}$ . Samoin vuoden kesäkuun lopussa mitattiin Salmijärvessä arvo  $28 \text{ mg C/m}^3 \cdot \text{d}$ . Tuonaikaiset arvot ilmentävät karua järvityyppiä.

### 5.3 KALALAITOSTEN VAIKUTUS PURKUVESISTÖJEN TILAAN JA KÄYTTÖKELPOISUUTEEN

Hyrynsalmen Kalan jätevedet ovat tuntuvasti kohottaneet Nuottijoen rehevyystasoa. Perifytoneliöstön määrä purkupaikan läheisyydessä on erittäin suuri. Esimerkiksi puunjalostusteollisuuden jätevesien voimakkaasti kuormittamalla Etelä-Saimaalla perifytonklorofyllin huippuarvot olivat kesällä 1980  $26,7 - 43,3 \text{ mg/m}^2$  (Heinonen 1981). Vastaava arvo Nuottijoessa n. 1 km kalalaitoksen alapuolella oli  $47,9 \text{ mg/m}^2$ .

Nuottijoen vesi on kalalaitoksen alapuolella suurelta osin talousvedeksi kelpaamatonta. Esim. pyykkiin jää pesun jäljiltä voimakas haju. Elokuun lopulla esiintyi kalalaitoksen alapuolella rantavedessä massoitain eläinplanktonia, jonka johdosta vettä ei voitu käyttää esim. saunavetenä. Myös uiminen on epämiellyttävää pohjan limottuneisuuden vuoksi. Samoin kalastus on vaikeutunut pyydysten limottumisen takia. Vesilintukanta oli Nuottijoki-varressa erittäin runsas, joten se näyttää hyötynneen rehevöitymisestä.

Salmijärvessä jätevesihaitta on lievempi kuin Nuottijoessa, mutta ainakin Nuottijoen suun lähistöllä kalanpyydysten limottuminen on huomattavaa. Kalastus näytti olevan varsin intensiivistä juuri tällä alueella.

Yrittäperän Lohen purkualueella Näljänkäjoessa ei rehevöityminen ollut yhtä voimakas kuin Nuottijoessa, joskin se oli selvästi havaittavissa. Tämä selittyy sillä, että kalalaitoksen jätevedet purkautuvat varsin vuolaaseen Kiehtäjänkoskeen ja näin sekoittuvat vesimassaan tehokkaasti. Näljänkäjoen virtaus on laitoksen alapuolella nopeampi kuin Nuottijoen, joten viipymä on lyhyempi. Kesällä 1982 laitos oli toiminnassa ensimmäistä kasvatuskauttaan, joten altaisiin ei ollut kerääntynyt ravinnepitoista lietettä siinä määrin kuin Hyrynsalmen Kalalla. Tulevina vuosina laitoksen kuormitus lisääntyy huomattavasti. Myös tuotantomäärä on lupaehtojen puitteissa mahdollista lähes kaksinkertaistaa. Tällöin jätevesihaitta lienee jo melkoinen.

Rehevöitymisen aiheuttama pääasiallinen haitta Näljänkäjoessa kesällä 1982 lienee ollut kalanpyydysten limottuminen. Haitan merkitys ei kuitenkaan ole kovin suuri, koska kalastus oli alueella kesäaikana vähäistä. Kiehtäjänkoskessa ja mahdollisesti myös alapuoleisessa Kattilakoskessa pohjan limottuminen on todennäköisesti heikentänyt paikallisten arvokalojen (harjus, taimen) viihtyvyyttä ja kudun onnistumista. Veden talouskäyttöarvoon ei jätevesikuormitus ole ratkaisevasti vaikuttanut. Suolijärvessä pyydysten limottumista tapahtunee Näljänkäjokisuun läheisillä alueilla.

#### 5.4 PERIFYTONMENETELMÄN SOVELTUVUUS KALALAITOSTEN KUORMITUKSEN TARKKAILUUN

Perifytontutkimus näyttää soveltuvan hyvin kalankasvatuksen vesistövaikutusten tarkkailuun. Jätevesien tuoma ravinnelisyys heijastuu selkeästi perifytonin runsauteen. Erityisen hyvin menetelmä näyttää soveltuvan jätevesien vaikutusalueen laajuuden kartoittamiseen.

## 6. T I I V I S T E L M Ä

Tässä tutkimuksessa tarkasteltiin kalankasvatuslaitosten jätevesien rehevöittävää vaikutusta vesianalyysien, perustuotantokykymittausten ja perifytoneliöstön antaman tiedon pohjalta. Tutkimuksen kohteet olivat Yrittäperän Lohi Oy:n Kiehtäjänkosken kalalaitos Puolangalla ja Hyrynsalmen Kala Oy Hyrynsalmella.

Määritykset tehtiin vesihallinnossa käytettyjen standardimenetelmien mukaisesti. Perifytonin kasvatusalustoina käytettiin 10 x 15 cm:n akryylimuovilevyjä, jotka sijoitettiin erityyppiisiin telineisiin. Inkubaatiojakso oli yleensä 3 viikkoa. Perifyton mitattiin klorofylli a:n määränä pinta-alayksikköä kohti. Tutkimusasemia oli yksi laitosten yläpuolella ja kolme alapuolella sekä joki- että järvisuudella.

Hyrynsalmen Kala Oy:n tuotanto v. 1982 oli n. 33 t, tuorerehun käyttö 58 t ja kuivarehun 20 t. Yrittäperän laitoksen vastaavat luvut olivat 61 t kalaa ja 46 t kuivarehua.

Kalalaitosten jätevedet kohottivat huomattavasti ravinnepitoisuuksia purkuvesistössä. Fosforitason nousu oli suurimmillaan 30 - 55 % purkupaikkojen alapuolisilla asemilla. Typpipitoisuus kohosi enimmillään noin 20 %. Jätevedet sisälsivät runsaasti ammonium- ja nitraattityppeä sekä fosfaattifosforia. Ravinnepitoisuudet kohosivat enemmän Hyrynsalmen Kalan kuin Yrittäperän Lohen purkualueella.

Perustuotantokykyluvut kohosivat yleensä huomattavasti kalalaitosten alapuolella. Suurin nousu tapahtui vilkkaimman ruokintakauden aikana elokuussa. Hyrynsalmen Kalan alapuolella Nuottijoen maksimiarvo oli  $350 \text{ mgC/m}^3 \cdot \text{d}$  ja nousu yläpuoliseen asemaan verrattuna 35 %. Yrittäperän Lohen purkualueella Näljänkäjoessa perustuotannon huippu oli  $240 \text{ mgC/m}^3 \cdot \text{d}$  ja lisäys 120 %. Laitoksen alapuolisessa Suolijärvessä perustuotanto kohosi elokuussa kaksinkertaiseksi kesä - heinäkuuhun verrattuna. Perifytonlevästä lisääntyi erittäin jyrkästi kalalaitosten alapuolella. Huippuarvot mitattiin elokuussa, jolloin klorofyllin määrä levyillä oli Näljänkäjoessa  $12,3 - 15,4 \text{ mg/m}^2$  ja Nuottijoen  $30,7 - 47,9 \text{ mg/m}^2$ . Erot yläpuolisiin pisteisiin verrattuna olivat suurimmillaan 40 - 80-kertaiset. Perifyton kuitenkin väheni huomattavasti alemmilla asemilla samoin kuin syksyllä kasvatuskauden päättyttyä.

Hyrynsalmen Kalan jätevedet kuormittavat Nuottijokea siinä määrin, että joen vesi laitoksen alapuolella on osin talouskäyttöön sopimatonta. Joen virkistyskäyttöarvo on alentunut ja pyydysten limottuminen on vaikeuttanut kalastusta. Yrittäperän Lohen kuormituksen vaikutukset ovat olleet lievemmat, eikä varsinaisia haittoja ole havaittu.

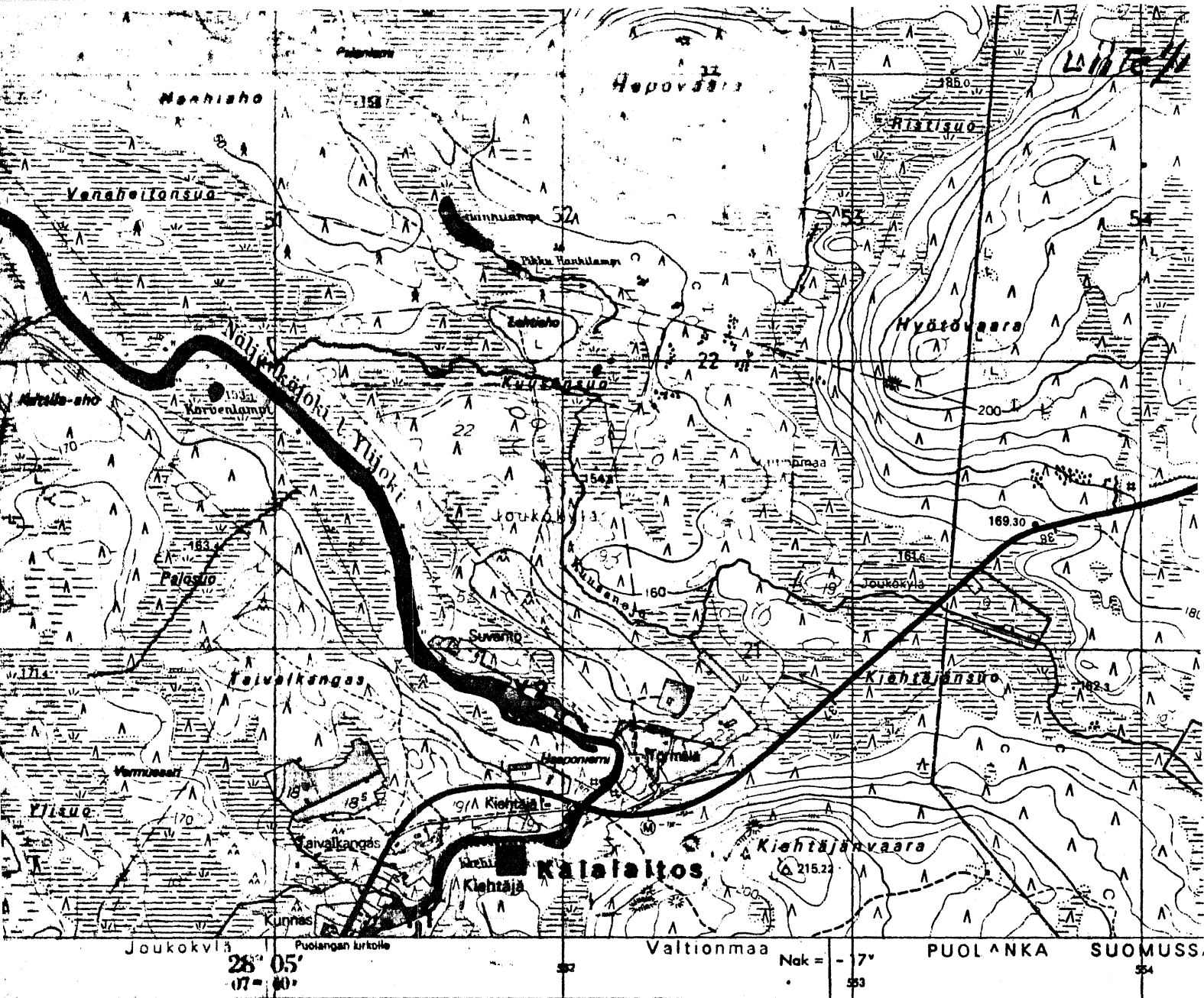
K I R J A L L I S U U S

Eloranta, P. & Kunnas, S. 1976. A comparison of litoral periphyton in some lakes of Central Finland. -Biol.Res.Rep.Univ. Jyväskylä 2 : 34-50 (sit. Heinonen, P. 1981, mukaan)

Heinonen, P. 1981. Pohjakasvustotutkimukset (perifyton) rehevöitymisen arvioinnissa. Vesihallituksen tiedotus 212 : 25-44. Helsinki

Myllymaa, U. 1981. Kalankasvatuksen jätevedet Koillismaan vesistöjen muuttajana. Vesihallituksen tiedotus 209. 189 s. Helsinki





MUSHALLITUKSEN TOPOGRAFINEN TOIMISTO

Karttaluokan ilmeväkös 1 : 10 000, kuvaa v. 1963

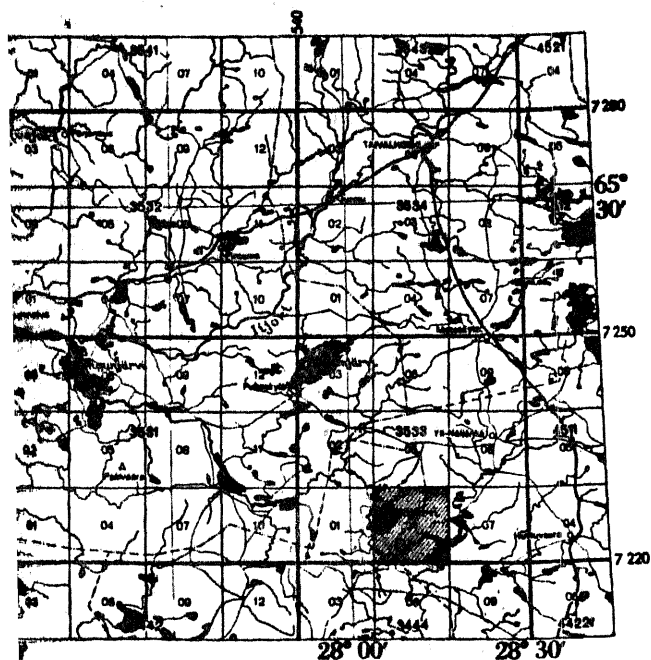
Korkeudet metreinä merenpinnasta N43 - järjestä

s51

s52

s53

s54



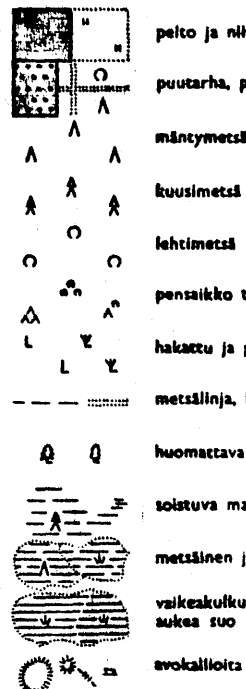
Karttalehden jaohus

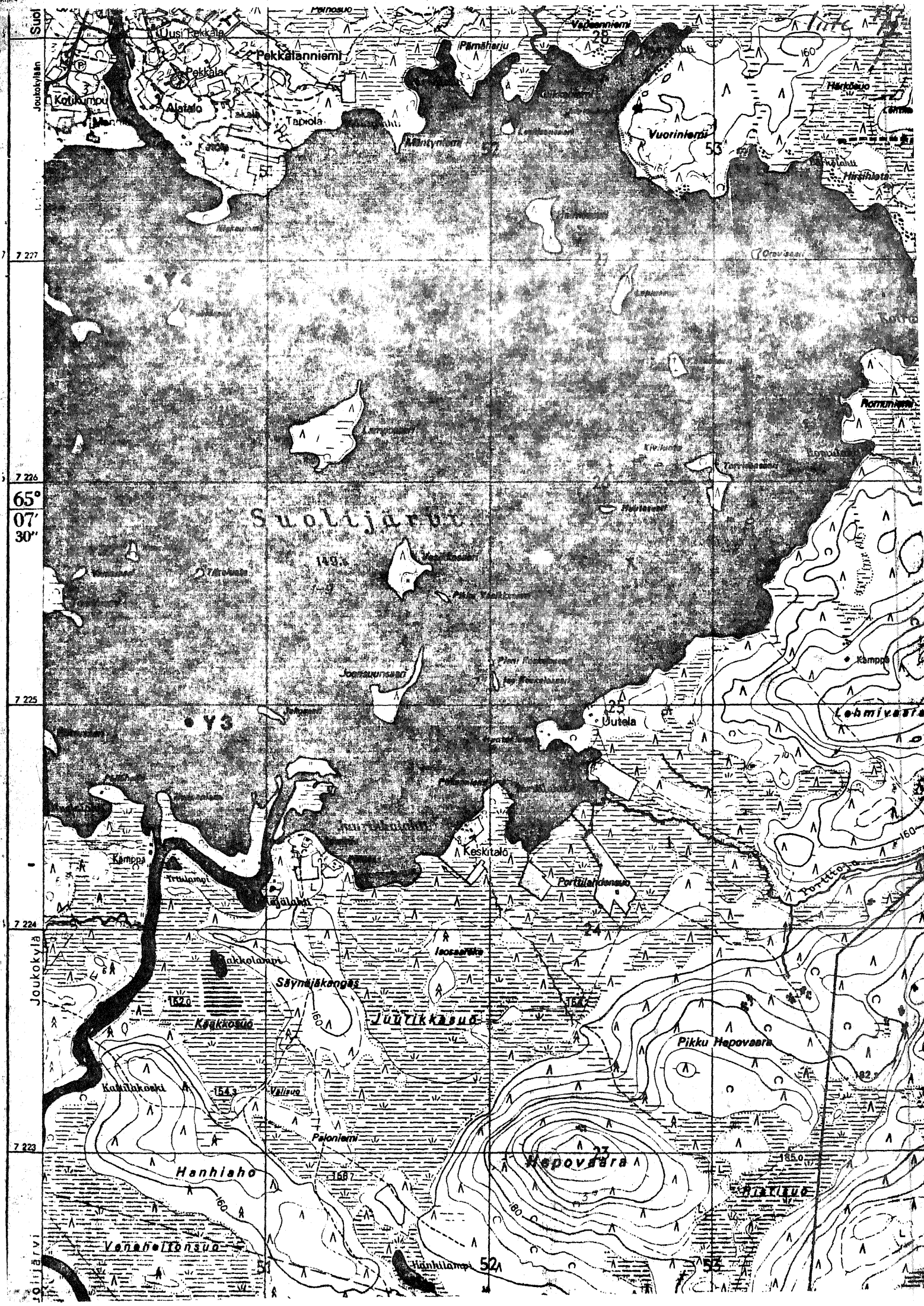
B D



Neulaluvunkorjaus Nek (eranto) on tämän lehden alueella v:n 1972 alussa keskimäärin +108". Vuotuinen muutos on -1,5". Suorakulmaisen koordinaatiston p-akseli (= x-akseli) on meridiaanin 27°lt. Greenwichistä suuntainen ja i-akseli (= y-akseli) on päiväntasaaja. Keskimeridiaania vastaava i-koordinaatin arvo on 500 km.

1 000 500











LIITE 3. Yrittäperän Lohi Oy:n vesistötarkkailun vesianalyysitulokset kesä - lokakuussa 1982

Näyte- asema	Pvm	lämpö- tila °C	O <sub>2</sub> %	kyll. mmol/l	alkal. pH	kok.N µg/l	NO <sub>3</sub> -N µg/l	NH <sub>4</sub> -N µg/l	kok.P µg/l	PO <sub>4</sub> -P µg/l	klorof. µg/l	perust. mgC/m <sup>3</sup> d	Fek.streptok. kpl/100 ml
Y 1	29.6.	16,4	94	0,10	6,7	350	2	6	14	1	3,8	110	0
Y 2	"	15,6	97	0,10	6,7	270	0	1	16	0	3,5	110	-
Y 3	"	15,2	91	0,10	6,6	300	0	2	15	1	4,5	110	0
Y 4	"	17,4	99	0,10	6,7	410	0	2	12	1	3,2	76	0
Y 1	20.7.	18,1	87	0,17	6,7	360	4	2	16	1	5,9	170	1
Y 2	"	18,5	84	0,16	6,7	410	7	31	21	1	5,5	150	6
Y 3	19.7	19,3	90	0,13	7,0	430	0	0	8	0	8,4	80	
Y 4	"	19,4	87	0,11	7,0	320	1	1	4	0	6,1	84	
Y 1	10.8.	15,3	90	0,19	7,0	310	2	4	18	1	5,1	110	
Y 2	"	15,2	87	0,20	7,0	370	7	54	28	1	6,1	240	
Y 3	"	15,3	83	0,19	7,0	370	9	18	26	1	6,2	160	
Y 4	"	15,7	89	0,16	7,1	300	1	4	21	1	5,5	130	
Y 1	1.9.	13,2	90	0,16	6,9	390	4	0	18	5	5,6	150	
Y 2	"	14,1	94	0,16	7,0	420	5	10	22	0	5,9	170	
Y 3	"	13,3	91	0,18	7,0	410	6	5	23	1	5,1	150	
Y 4	"	13,6	96	0,17	7,1	400	6	6	22	1	6,7	160	
Y 1	22.9.	10,2	86	0,15	6,9	340	7	5	20	3	4,0	83	
Y 2	"	10,4	88	0,15	6,9	390	8	12	20	3	4,6	88	
Y 3	"	10,0	15	0,17	6,9	340	9	7	20	3	4,1	97	
Y 4	"	10,0	90	0,16	7,0	330	4	5	22	7	5,3	96	
Y 1	13.10.	2,8	89	0,19	6,9	410	17	6	18	3	2,9		
Y 2	"	2,7	90	0,18	6,9	390	17	10	25	4	3,0		
Y 3	"	2,5	89	0,17	6,8	520	16	7	16	2	2,6		
Y 4	"	3,3	88	0,17	6,9	380	15	15	21	3	4,7		

LIITE 4. Hyrynsalmen Kala Oy:n vesistötarkkailun vesianalyysitulokset kesä - syyskuussa 1982

Näyte- asema	Pvm.	lämpö- tila °C	O <sub>2</sub> - kyll.%	alkal. mmol/l	pH	kok.N µg/l	NO <sub>3</sub> -N µg/l	NH <sub>4</sub> -N µg/l	kok.P µg/l	PO <sub>4</sub> -P µg/l	klorof. µg/l	perust. mgC/m <sup>3</sup> . d	kolibakt. kpl/100 ml	Fek.streptok. kpl/100 ml
H 1	28.6.	14,6	100	0,11	6,9	660	-	10	23	1	7,1	210	-	-
H 2	"	14,1	97	0,11	6,8	660	19	12	20	1	8,4	240		0
H 3	"	13,6	95	0,11	6,8	480	21	9	18	0	7,1	240		-
H 4	"	13,6	98	0,11	6,9	480	14	4	43	0	8,7	250		-
H 5	"													
lähtevä jätevesi		14,6	81	0,14	6,6	830	-	290	104	50	9,0	240		1
H 1	21.7.	18,4	85	0,14	7,0	660	4	8	18	1	7,2	190		
H 2	"	18,4	84	0,14	6,9	1100	6	22	28	1	7,1	230	23	
H 3	"	18,5	85	0,14	6,9	630	9	14	23	1	9,3	330		
H 4	"	18,5	88	0,13	7,0	420	2	6	18	1	9,1	130		
H 1	9.8.	17,4	90	0,15	6,8	410	1	4	16	1	8,0	260		
H 2	"	17,2	81	0,16	6,7	440	7	67	33	3	7,2	270		
H 3	"	18,0	89	0,16	6,8	470	2	6	30	2	13,0	350		
H 4	"	17,6	83	0,14	6,7	360	4	7	17	1	5,3	190		
H 1	30.8.	14,1	85	0,16	6,7	440	13	11	16	0	7,0	170		
H 2	"	14,2	78	0,17	6,6	570	13	66	36	1	7,9	270		
H 3	"	14,4	81	0,17	6,7	540	24	54	28	3	6,9	180		
H 4	"	14,5	86	0,16	6,5	490	14	6	20	0	8,6	210		
H 1	20.9.	10,0	90	0,16	7,0	330	6	12	16	1	6,3	120		
H 2	"	10,0	86	0,16	6,9	430	13	41	29	2	7,1	200		
H 3	"	10,1	89	0,16	6,9	440	18	37	29	3	8,0	270		
H 4	"	10,3	92	0,15	7,0	340	12	10	20	2	8,7	150		

LIITE 5. Perifytonlevyjen ainemäärät (mg/m<sup>2</sup>) Yrittäperän Lohi Oy:n vesistötarkkailussa kesä - lokakuussa 1982

Havainto- asema	Inkubaatioaika	h	Kiintoaine mg/m <sup>2</sup>		Haihd. jäännös mg/m <sup>2</sup>		Hehkutusjäännös mg/m <sup>2</sup>		Klorofylli mg/m <sup>2</sup>	
			x	s	x	s	x	s	x	s
Y 1	28.6. - 20.7.	4	283	183,3	317	180,0	322	171,7	0,5	0,15
Y 2	"	3	912	80,0	1155	134,9	722	51,7	5,2	0,34
Y 3	"	ei tuloksia								
Y 4	"	"								
Y 1	27.7. - 10.8.	4	305	55,0	397	21,7	233	188,5	0,3	0,12
Y 2	"	4	1216	83,3	1358	185,0	492	141,7	12,3	1,27
Y 3	"	4	1342	285,0	1472	370,0	917	410,0	3,0	0,76
Y 4	"	4	642	211,7	1405	543,3	238	376,7	0,1	0,05
Y 1	10.8. - 1.9.	4	442	56,7	572	153,3	288	153,3	1,1	0,09
Y 2	"	4	1988	71,7	2232	166,7	1000	143,3	15,4	1,30
Y 3	"	4	1313	199,1	1730	268,3	697	320,0	4,5	0,67
Y 4	"	4	575	168,3	905	166,6	283	160,0	1,5	0,42
Y 1	1.9. - 22.9.	4	258	40,0	338	76,6	138	51,6	1,0	0,13
Y 2	"	4	1063	196,7	1450	218,3	367	141,6	8,9	1,11
Y 3	"	4	150	59,9	105	71,7	22	41,7	0,7	0,38
Y 4	"	4	145	91,7	55	43,3	0	0	0,2	0,2
Y 1	22.9. - 13.10.	4	397	74,9	717	116,3	363	129,3	1,2	0,43
Y 2	"	4	627	104,8	924	73,8	510	68,5	1,8	0,19
Y 3	"	4	133	57,7	447	80,0	163	81,9	0,9	0,35
Y 4	"	4	100	36,0	413	72,5	138	25,5	0,4	0,03

LIITE 6. Perifytonlevyjen ainemäärät (mg/m<sup>2</sup>) Hyrynsalmen Kala Oy:n vesistötarkkailussa kesä - syyskuussa 1982

Hav. asema	Inkubaatioaika	h	Kiintoaine mg/m <sup>2</sup>		Haihd.jäännös mg/m <sup>2</sup>		Hehkusjäännös mg/m <sup>2</sup>		Klorofylli mg/m <sup>2</sup>	
			x	s	x	s	x	s	x	s
H 1	29.6. - 21.7.	4	797	25,0	1395	110,2	875	96,7	1,8	0,28
H 2	"	4	2573	200,7	3383	349,0	1967	146,5	7,9	0,51
H 3	"	4	1317	46,2	1375	230,0	967	178,5	4,9	0,20
H 4	"	ei tuloksia								
H 1	21.7. - 9.8.	4	425	77,5	1167	77,0	913	118,2	0,4	0,23
H 2	"	4	3688	410,0	5042	334,8	2025	191,2	30,7	2,93
H 3	"	4	1133	136,0	1583	117,8	900	176,8	3,7	0,37
H 4	"	4	1780	744,2	3400	1180,0	1592	515,3	3,4	1,68
H 1	9.8. - 30.8.	4	630	237,0	1333	384,0	467	247,7	1,9	0,56
H 2	"	3	3000	288,7	3867	440,9	488	216,8	47,9	3,03
H 3	"	4	2475	451,8	3033	492,2	783	204,5	28,7	3,64
H 4	"	4	1733	216,0	2213	379,5	955	211,5	10,1	1,54
H 1	30.8. - 20.9.	4	771	125,0	1013	110,8	697	91,7	3,5	0,33
H 2	"	4	2017	183,7	2805	304,2	947	110,8	23,1	5,93
H 3	"	4	1050	123,1	1375	171,3	447	98,5	6,8	0,61
H 4	"	4	4383	51,7	675	107,5	330	49,8	2,6	0,26





